

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 1 081 459 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2001 Patentblatt 2001/10

(51) Int Cl.7: G01C 1/02

(21) Anmeldenummer: 99117112.5

(22) Anmeldetag: 31.08.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: Hinderling, Jürg, Dr.
9437 Marbach (CH)

(74) Vertreter: Kaminski, Susanne, Dr.
Büchel, Kaminski & Partner Patentanwälte Est.,
Letzanaweg 25-27
9495 Triesen (LI)

(71) Anmelder: Leica Geosystems AG
9435 Heerbrugg (CH)

(54) Tachymeter-Fernrohr

(57) Ein Tachymeter-Fernrohr, d.i. ein Fernrohr für einen Theodolit mit integriertem Distanzmesser, zur optischen Distanzmessung in der geodätischen, industriellen und bautechnischen Vermessung weist folgendes auf:

- ein optisches Fernrohrobjektiv (11);
- einem motorisierten Theodolit als Fernrohrstütze;
- einer elektronischen Einheit zum Steuern und Regeln der motorisierten Theodolitachsen;
- eine Distanzmesskombination (23) zur Distanzmessung über mindestens einen Reflektor bzw. mindestens eine Zielmarke zu einem zu vermessenden Zielobjekt (16) einerseits und zu einem natürlichen Zielobjekt (16) ohne eine solche Zielkennzeichnung andererseits mit Hilfe jeweils einer ersten (19, 20a) und zweiten Sensoreinrichtung (19, 20b) für wenigstens ein von einer Sendeeinrichtung (S1 bzw. S2, bzw. S3) ausgesandtes Strahlungsbündel; sowie
- mit einer an die Distanzmesskombination (23) angeschlossene Auswerteeinheit (24) zum Empfang eines Signals, das dem jeweiligen am Zielobjekt reflektierten Strahlungsbündel entspricht, und zur Ermittlung der Distanz aus Laufzeit und/oder Phasenlage zum gesendeten Signal.

nation (23) haben koaxiale Wirkung.

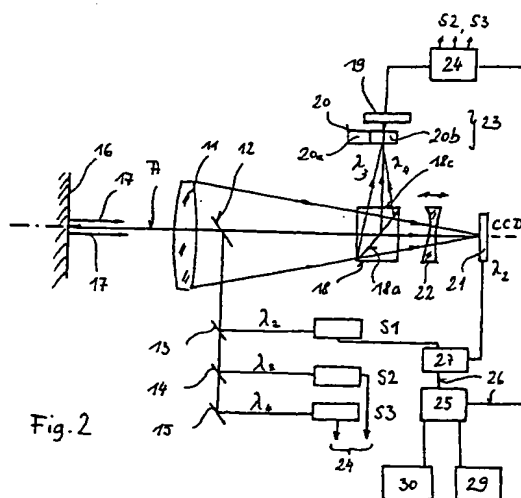


Fig. 2

Zusätzlich ist wenigstens eine dritte, optoelektronische Sensoreinrichtung (S1, 21, 27) für eine Verarbeitungseinheit für Flächensensoren (27) mit Winkelbestimmung als weitere Auswerteeinheit vorgesehen. Die Zielachsen aller dieser Sensoreinrichtungen (29, 20, 23, 21) fallen zusammen und bilden eine gemeinsame wirksame Achse (A). Die Sende- und die Empfangsbündel zu den Sensoreinrichtungen (29, 20, 23, 21) der Bildverarbeitungseinheit (27) und der Distanzmesskombi-

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Tachymeter-Femrohr nach dem Oberbegriff des Anspruches 1. Ein derartiges Fernrohrsystem ist aus der am 2. 9. 1998 beim Deutschen Patentamt eingereichten Patentanmeldung der vorliegenden Anmelderin bekannt.

[0002] Als Tachymeter werden Theodolite mit integrierten Distanzmessern bezeichnet. Zur Distanzmessung wird entweder ein Reflektor am Zielobjekt angebracht (kooperatives Zielobjekt) und entweder manuell oder mit Hilfe einer automatischen Zielerfassung anvisiert, oder es wird auf ein natürliches Zielobjekt ohne eine solche Zielkennzeichnung (nicht-kooperatives Zielobjekt) manuell visiert. Trotz der zügigen Entwicklung der elektrooptischen Distanzmesser (EDM) während der letzten zwanzig Jahre sind aber heute sehr wenige reflektorlos messende Tachymeter kommerziell verfügbar. Soweit ein Bedarf danach gegeben war, wurden nämlich aus technischen Gründen fast alle für den Geodäsiebereich entwickelten reflektorlos messenden Vorrichtungen als Aufsatzdistanzmesser (Add On) realisiert, wobei solche Aufsatzinstrumente auf den jeweiligen Theodoliten mittels eines mechanischen oder elektromechanischen Adapters aufgesetzt wurden.

[0003] Durch die Konstruktion gemäss der oben genannten, am 2. 9. 1998 eingereichten Patentanmeldung können sowohl kooperative als auch nicht-kooperative Zielobjekte erfasst werden. Tachymeter mit eingebautem reflektorlos messendem elektrooptischen Distanzmesser sind zwar an sich auch schon bekannt (ZEISS REC Elta-RL). Solche Vorrichtungen werden auch sowohl zur Vermessung kooperativer Zielobjekte als auch zur Messung von Distanzen zu Objekten mit natürlich rauen Oberflächen eingesetzt, beispielsweise zur Vermessung von schwer zugänglichen Oberflächen, wie in Steinbrüchen, bei Tunnelprofilen, Strassenprofilen, Gebäudefassaden usw.

[0004] Reflektorlos messende Distanzmesser basieren in der Regel auf dem Prinzip der Messung der Laufzeit eines emittierten optischen Strahlungsimpulses. Vorrichtungen mit kleiner Bauweise und sparsamem Energieverbrauch verwenden dabei stets eine Puls-laserdiode mit einer Ausgangsspitzenleistung von ca. 1 Watt bis mehr als 100 Watt. Bei diesen Vorrichtungen werden gepulste Infrarothalbleiterlaserdioden mit grossen emittierenden Oberflächen als Strahlungsquelle eingesetzt. Ein Nachteil ergibt sich dabei aus den relativ grossen Abmessungen der emittierenden Oberflächen dieser Laser in der Grössenordnung von 100 µm oder mehr. Dies bewirkt eine Abstrahlkeule dieser Vorrichtung von ca. 1,5 mrad oder mehr, wodurch bei einer Distanz von 100 m bereits ein Bündelquerschnitt von 15 cm vorhanden ist. Distanzen zu Strukturen, die kleiner als 15 cm sind, können daher nicht vermessen werden. Der physikalische Grund für die grossen Bündeldurchmesser besteht darin, dass die bisher eingesetzten Strahlungsquellen nicht beugungsbegrenzte Strahlung

emittieren. Andererseits besteht ein Nachteil eines Strahlungsbündels mit grossem Querschnitt darin, dass bei Messungen auf geneigte oder strukturierte Oberflächen der Objekte nicht die wahre Distanz, sondern ein über die bestrahlte Fläche intensitätsgewichteter Distanzwert erfasst und damit das Messergebnis verfälscht wird.

[0005] Ein anderer Nachteil reflektorlos messender elektrooptischer Distanzmesser besteht darin, dass wegen der infraroten oder ausgedehnten Messstrahlung die aktuell anvisierte Objektstelle nicht erkennbar ist. Um aber den Zielort dennoch sichtbar zu machen, muss ein zusätzlicher Strahl, insbesondere ein Laserstrahl, mit sichtbarer und beugungsbegrenzter Emission eingesetzt werden, dessen Strahlachse zur Sendestrahlachse auch noch justiert werden muss.

[0006] Zu all diesen Schwierigkeiten kommt noch, dass ausser dem Abstand zwischen den Punkten meist auch noch zugehörige Winkel mit geodätischer Genauigkeit, und das in einem Distanzbereich von 0,1 m bis etwa 2000 m und noch mehr, erfasst werden müssen. Grundsätzlich geht es bei Vermessungsaufgaben darum, diese so ergonomisch als möglich zu gestalten. Um dieser Forderung gerecht zu werden, mussten bisher Zielpunkte mit reflexionsunterstützten Mitteln markiert werden. Solch kooperative Zielpunkte können beispielsweise sehr rasch mit einer automatischen Zielerfassung (ATR) anvisiert und mit dem konventionellen Infrarot-Distanzmesser vermessen werden. Es gelingt jedoch nicht immer, am Zielobjekt ein reflexionsunterstützendes Mittel anzubringen. Gewisse Zielobjekte sind wegen unüberwindbaren Hindernissen, wie Gebäudehöhen, Flüssen, fehlender Zutrittsberechtigung auf Grundstücken etc., nicht zugänglich und daher nicht mit Reflexionsmitteln markierbar. In ein und derselben Vermessungsaufgabe müssen also sowohl Zielpunkte mit natürlicher Oberfläche als auch solche anvisiert werden, welche reflektieren. Dies war mit bekannten Tachymetern überhaupt nicht möglich. Bestehende elektronische Theodoliten haben neben dem Nachteil, nicht alle bei geodätischen Vermessungsaufgaben notwendigen Sensoren gleichzeitig in einem einzigen Instrument bereitzustellen, was die Vermessungsaufgabe ohnehin erschwert, den zusätzlichen Mangel, die geforderte Messgenauigkeit von 1 mm- insbesondere bei der reflektorlosen Distanzmessung - nicht zu erfüllen.

[0007] Eine weitere Erschwernis stellt eine wünschenswerte Miniaturisierung eines Theodoliten, d.h. eine Unterbringung mehrerer Messkomponenten auf engstem Raum dar. Denn schon die schwach mit Sensoren ausgerüsteten Theodoliten, insbesondere Theodolit-Femrohre, welche zur Zeit erhältlich sind, haben relativ grosse, und damit schwere, äussere Abmessungen, die einem ergonomischen Feldeinsatz im Wege stehen. Dies sind Tachymeter mit automatischer Zielerfassung (ATR) oder Theodolite mit lediglich einem auf reflektorlose Ziele messenden EDM. Dies war in der Vergangenheit sicher mit ein Grund, warum eine zu voll-

ständige Bestückung eines einzigen Theodoliten unterblieb und man gegebenenfalls verschiedene Messaufgaben mit unterschiedlichen Instrumenten bewerkstelligte. Dabei ist es besonders schwierig, Fernrohre solcher Theodolite zu miniaturisieren, welche eine automatische Zielerfassung aufweisen sollen, denn die bei geodätischen Anwendungen geforderte Messgenauigkeit beträgt typischerweise 3 bis 5 cc (= 8 grad) bzw. 1 mm Punktauflösung. Solche Genauigkeiten sind lediglich mit langen Brennweiten erreichbar, was sich trotz optischer Zusatzkomponenten in einer grösseren Baulänge des optischen Systems niederschlägt. Eine Verkürzung beeinträchtigt aber gegebenenfalls die Winkelmessgenauigkeit, insbesondere wenn die automatische Zielerfassung mittels eines separaten, vom visuellen Kanal getrennten, beispielsweise biaxialen, Strahlenganges erfolgt (PCT-SE90-00233).

[0008] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Fernrohr für einen elektronischen - insbesondere, bevorzugt bezüglich beider Achsen, motorisierten - Theodoliten anzugeben, mit dem die Bedürfnisse in der Geodäsie besser abgedeckt werden können. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, nebst einem visuellen Fernrohr und einem, z. B. infraroten, nur auf reflektierende Zielobjekte messenden Distanzmesser, einen beugungsbegrenzten, reflektorlosen Distanzmesser zusammen mit einer miniaturisierten Sensoreinheit zur automatischen Zielpunkterfassung zu entwerfen und in ein Theodolit-Fernrohr zu integrieren.

[0009] Dabei soll das mit Sensoren bestückte Fernrohr möglichst kleine Aussenabmessungen haben, um den Anforderungen an die Handlichkeit bei Feldmessungen zu genügen. Auch der Energieverbrauch soll so gering sein, dass ein Batteriebetrieb zumindest möglich ist.

[0010] Die besondere Herausforderung der erfindungsgemässen Aufgabe besteht im besonderen darin, vier optische Kanäle von vier unabhängigen Sensoren derart ineinander zu verschachteln, dass deren Funktion im einzelnen und im gegenseitigen Zusammenwirken gewährleistet ist. Einerseits muss ein Sensor für sich einwandfrei arbeiten, andererseits dürfen die Kanäle bei gleichzeitiger Funktion nicht gegenseitig stören.

[0011] Erfindungsgemäss gelingt die Erweiterung des Aufgabengebietes für ein Fernrohr nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 durch die kennzeichnenden Merkmale dieses Anspruches. Damit ist nicht nur die Distanzmessung zu kooperativen und nichtkooperativen Zielobjekten möglich, sondern auch zusätzlich eine Winkelbestimmung, in besonderen Fällen wahlweise mit manueller oder automatischer Anzielung. So können als zu vermessende Zielobjekte natürliche Gegenstände, wie Felsen, Bäume, aber auch Gebäude, Kirchen und andere Türme ebenso vermessen werden, wie auch durch einen Reflektor, wie Retroprisma, Reflexfolie, Rückstrahler od.dgl., unterstützte Ziele. Die optische Zielachse bildet dabei eine ausgezeichnete Richtung

erstens für die Winkelmessung zur horizontalen Referenzachse, beispielsweise in Nordrichtung, und/oder zur vertikalen Referenzachse, beispielsweise der Stehachse des Theodoliten, die mit Hilfe gesonderter Winkelsensoren ermittelt werden, und zweitens für die Messung des Restwinkels zwischen Zielobjekt und Zielachse, welche mittels der automatischen Zielerfassung mit Bildauswertung und Winkelberechnung erfolgt. Selbstverständlich ist gegebenenfalls auch der Einsatz anderer positionsempfindlicher Sensoren möglich. Ein Vorteil von bildgebenden Sensoren ist jedoch die Möglichkeit der Bilddokumentation.

[0012] Für die reflektorlose Messart alleine gibt es an sich schon eine Vielzahl von Anwendungen. So ist hinlänglich bekannt, dass Distanzen bis auf 100 m auf rauen Oberflächen ohne zusätzliche Markierung, wie Reflektoren oder Reflexmarken vermessen werden können. Bei einer geforderten Messgenauigkeit von 1 bis 3 mm muss die Divergenz des Sendebündels möglichst klein sein, da andernfalls die Distanzmessung auf Grund der undefinierten Zielobjektausleuchtung nicht die geforderte Genauigkeit ergeben würde. Analoges gilt für die Divergenz des Empfangsbündels. Eine kleine Divergenz reduziert den Anteil des gleichzeitig empfangenen Umgebungslichtes, so dass das Signal/Rauschverhältnis im Empfänger vorteilhaft beeinflusst wird. Eine kleine Divergenz in einer Fixfokusanordnung hat aber andererseits den Nachteil, dass im Nahbereich die Überlappung von Sende- und Empfangsbündel gering ist. Dies wird durch die koaxiale Anordnung von Sende und Empfangsoptik wenigstens gemildert. Um die Messgenauigkeit von 1 mm zu erreichen, sind aber zusätzliche technische Massnahmen erforderlich, auf die noch eingegangen werden soll.

[0013] Während aber die klassische Vermessungsmethode bei der Katastervermessung, Bauvermessung oder Industrievermessung darin besteht, Punkte mit bekannten und unbekannten Koordinaten im Objektraum bzw. am Zielobjekt aufzunehmen und abzustecken, erfolgt erfindungsgemäss all dies mit einem einzigen Instrument. Denn auch das Aufstellen eines Instrumentes (Stationierung und Orientierung) beinhaltet einen gewissen Zeitaufwand, den es zu reduzieren gilt, indem alle Messungen mit einem einzigen Instrument durchgeführt werden. Bereits beim Aufstellen und Einrichten eines erfindungsgemässen Instruments ergibt sich aber der Vorteil, dass etwa beim Einrichten einer Messstation mit schwer zugänglichen Anschlusspunkten diese Aufgabe mittels der reflektorlosen Distanzmessung in einem Zuge erledigt werden kann. Dagegen können andere Punkte, welche mit Prismen oder Reflexmarken markiert sind, in der gleichen Aufstellung und mit demselben Instrument rationell vermessen und die Messungen dabei mittels der automatischen Zielerfassung durchgeführt werden, was Zeit einspart und zusätzlich auch die Messgenauigkeit steigert.

[0014] Aus praktischen Gründen ist es im Rahmen der Erfindung vorteilhaft, wenn das Fernrohr ausser ei-

nem jeweiligen optischen Sende- und Empfangskanal zusätzlich einen visuellen Kanal, insbesondere zu einem Okular, aufweist. Denn nicht immer ist es möglich, den Zielpunkt mit reflexionsverstärkenden oder anderen Mittel zu markieren und mit einer automatischen Zielerfassung anzuvisieren. Es gibt Situationen, bei denen es nur mit besonderem Aufwand oder gar nicht möglich ist, den Zielpunkt automatisch aufzufinden. Solche Zielobjekte ohne besondere Markierung können so visuell bzw. manuell angezielt und sodann die Distanz mittels der Distanzmessungsart zu einem natürlichen Zielobjekt ohne Zielkennzeichnung, d.h. vorteilhaft mit beugungsbegrenzter, insbesondere im sichtbaren Wellenbereich emittierter Strahlung von beispielsweise etwa 30 Bogensekunden Strahldivergenz, bestimmt. Besonders geeignet für solche reflektorlose Messungen sind Anwendungen im Gebäudebereich, wie Aussenfassaden oder auch Innenräume. Besonders bei der Anwendung in einem Innenraum bringt der sichtbare Messfleck den weiteren Vorteil, dass Zielobjekte ohne Blick durch das Fernrohr direkt mit dem sichtbaren Messfleck, wie einem Laserpunkt, angezielt werden können.

[0015] Ein weiterer Vorteil eines sichtbaren Messflecks ergibt sich bei motorisch gesteuerten Profilaufnahmen, insbesondere von Innenräumen. Ein motorisierter Theodolit ist nämlich in der Lage, ein vorgegebenes Profil abzufahren und dabei mit dem reflektorlosen Distanzmesser die entsprechenden Polarkoordinaten auf dem Messobjekt aufzuzeichnen. Nicht selten kommt es jedoch vor, dass Gegenstände oder Personen den Messstrahl zwischen dem Instrument und dem Zielobjekt unterbrechen. In einem solchen Falle wird auf das Hindernis gemessen, was zu unerwünscht verfälschten Distanzmesswerten führt. Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung ist aber der reflektorlose Messstrahl zweckmässig so gewählt, dass er mit blossen Auge sichtbar ist. Anzielungen auf störende Hindernisse sind daher sofort ersichtlich und können leicht korrigiert werden.

[0016] Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus dem Zusammenwirken von sichtbaren, insbesondere den reflektorlos messenden, Strahlenbündeln mit einer automatischen Zielerfassung. Das sichtbare Strahlungsbündel, z.B. ein Laserstrahl, lässt sich nämlich, wie schon erwähnt, auch als Laserzeiger verwenden. Insbesondere ist der Messfleck auch an reflexionsunterstützten Zielobjekten mit dem blossen Auge gut sichtbar. Damit ist auch eine etwaige Abirrung der automatischen Zielerfassung leicht ersichtlich und korrigierbar.

[0017] Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich an Hand der nachfolgenden Beschreibung von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig. 1 eine Perspektivansicht eines erfindungsgemässen Tachymeter-Fernrohres, wovon

Fig. 2

eine schematische Darstellung einer vereinfachten Ausführungsform veranschaulicht; die

5 Fig. 3 und 4

zeigen bevorzugte Varianten zur Ausführung nach Fig. 2, und die

Fig. 5

veranschaulicht eine alternative Ausführungsform mit fokussierbarer, reflektorlos messender Distanzmessseinheit.

10

[0018] Ein Tachymeter-Fernrohr 1 weist einen Theodolit-Körper in einem Theodolitgehäuse 2 und ein daran um eine horizontale Achse H in vertikaler Richtung verschwenkbar angebrachtes Fernrohrgehäuse 3 auf. Dagegen ist das Theodolit-Gehäuse 2 um eine Vertikalachse V in horizontaler Richtung verschwenkbar. Der Basisteil des Instruments ist also der Theodolit selbst und weist einen statischen Fussteil 2a sowie eine um die vertikale Achse V bewegliche Aldihade 2b auf. An dieser Aldihade 2b ist die horizontale Kippachse H befestigt, welche das Fernrohrgehäuse 3 trägt. Das Theodolit-Gehäuse 2 dient also als Fernrohrstütze. Jeder Achse V, H sind (in Fig. 1 nicht dargestellte und an sich bekannte) Winkelsensoren (vgl. 29 in Fig. 2) zur Ermittlung der Stellung der beiden Gehäuse 2, 3 in horizontaler und vertikaler Richtung zugeordnet, d.h. zur Bestimmung der Fernrohrzielachse bzw. dessen optischen Achse A und ein Neigungssensor zur Bestimmung der Längs- und Quemeigung der vertikalen Achse V zum Lot (Gravitationsvektor).

[0019] Zum Zwecke der Verschwenkung sowie zu weiteren Zwecken ist ein Tastatur oder Bedienungseinheit 4 mit einem Anzeigeschirm 5 ebenso vorgesehen wie eine von dieser Tastatur aus steuerbare, im Theodolitgehäuse 2 bei 6 angebrachte Motorisierungseinheit (vgl. 30 in Fig. 2) für die Horizontalverschwenkung sowie eine unter einem Deckel 7 vorgesehene Motorisierungs-komponente für die Vertikalverschwenkung. Die Achsen V und H sind also Motoren zugeordnet, welche eine automatische Verstellung der beiden Gehäuse 2 und 3 ermöglichen. Diese Komponenten sind für die automatische Zielerfassung von zentraler Bedeutung. Unter dem Deckel 7 befinden sich auch andere elektronische Komponenten, wie insbesondere ein zentraler Prozessor (der später besprochene Prozessor 25). Dieser zentrale Prozessor steuert die zeitlichen Abläufe (z. B. seriell oder parallel) der Messvorgänge ebenso wie die motorunterstützte, automatisierte und vorteilhaft mit einer später beschriebenen Kamera geführte Ausrichtung des Instruments auf ein Zielobjekt. Darüber hinaus kann auch eine manuell gesteuerte Verschwenkbarkeit der Gehäuse 2 und 3 um die Achsen V und H mittels mindestens eines Bedienungselementes 10 vorgesehen sein.

55

[0020] Von diesem zentralen Prozessor wird ein unter einem Deckel 8 im Fernrohrgehäuse 3 vorgesehene

Prozessorboard für eine automatische Zielerfassung, vorzugsweise samt einer Positionsauswerteeinheit, oder im speziellen einer Bildverarbeitungseinheit, einerseits und ein unter einem Deckel 9 im Fernrohrgehäuse 3 vorgesehenes Prozessorboard für eine Distanzmesskombination zur Distanzmessung über mindestens einen Reflektor bzw. mindestens eine Zielmarke zu einem zu vermessenden Zielobjekt einerseits und zu einem natürlichen Zielobjekt ohne eine solche Zielkennzeichnung andererseits mit Hilfe jeweils einer ersten und zweiten Sensoreinrichtung, wie sie später noch beschrieben werden, vorgesehen sein. Es versteht sich, dass die Unterbringung der verschiedenen Prozessorkomponenten auch anders erfolgen kann, doch hat sich die oben geschilderte als zweckmässig erwiesen.

[0021] An der in Fig. 1 gezeigten Vorderfront des Fernrohrgehäuses 3 befindet sich eine Frontlinse 11 bzw. das Fernrohrobjektiv eines später an Hand der Fig. 2 bis 4 im einzelnen beschriebenen optischen Systems, das im wesentlichen ein Fernrohrsystem mit mindestens 20-facher Vergrößerung, z. B. 30-facher Vergrößerung, an sich bekannter Art mit den erfindungsgemässen vorteilhaften Ausgestaltungen ist bzw. sein kann. Das Fernrohrsystem 11 überträgt beispielsweise einen sichtbaren Wellenlängenbereich zwischen blau und rot mit einer Mittenwellenlänge λ_1 . Ebenso überträgt das Fernrohrsystem 11 Wellenlängen λ_2 , λ_3 und λ_4 von später noch zu beschreibenden Sensorstrahlengängen, die im sichtbaren und/oder im nahen Infrarotbereich liegen. Typischerweise umfasst das von einem Okular übertragene Gesichtsfeld 1,5 Grad. Es ist zu betonen, dass dieses Fernrohrsystem allen Sende- und Empfangskanälen gemeinsam ist.

[0022] Fig. 2 zeigt eine vereinfachte Ausführungsform dieses erfindungsgemässen optischen Systems, wobei das Fernrohrobjektiv nur durch die Frontlinse 11 angedeutet ist. Es ist von besonderem Vorteil, dass in diesem System alle wesentlichen optischen Komponenten auf die gemeinsame optische Achse A ausgerichtet sind. An dieser optischen Achse A liegt ein relativ kleiner Austrittsspiegel oder -prisma 12 über welchen das jeweilige Strahlenbündel eines von drei Sendern S1, S2 bzw. S3 in Richtung der optischen Achse A geworfen wird. Es ist klar, dass hier eine zentrale Abschattung durch den zentral an der Achse A gelegenen Spiegel 12 in Kauf genommen werden muss, der eine gewisse Beeinflussung der Bildqualität am später erläuterten positionsempfindlichen Sensor 21 ergibt. Mit der zentralen Spiegelanordnung 12 wird jedoch sichergestellt, dass die jeweiligen senderseitigen Strahlenbündel koaxiale Wirkung erzeugen. Lage und Reflexionsgrad des Spiegels 12 sind entscheidend für ein mögliches Übersprechen vom Sendekanal in die Empfangskanäle. Der Abstand zwischen dem Spiegel 12 und der Frontlinse 11 ist daher möglichst kurz, und der Reflexionsgrad der Spiegelfläche 12 nahezu bei 100% festzulegen.

[0023] Es ist bevorzugt, wenn jeder der drei Sender S1, S2 bzw. S3, welche an sich beliebige Strahlungs-

quellen, insbesondere Lichtquellen (im weitesten Sinne und auch unsichtbares "Licht" umfassend), aufweisen können, einen unterschiedlichen und/oder spektral trennbaren Wellenbereich abstrahlt. So gibt der Sender S1 eine Wellenlänge oder einen Wellenlängenbereich λ_2 ab, der Sender S2 eine Wellenlänge oder einen Wellenlängenbereich λ_3 , und der Sender S3 eine Wellenlänge oder einen Wellenlängenbereich λ_4 . Vorteilhaft unterscheidet sich mindestens einer dieser Wellenlängenbereiche von dem für das Auge sichtbare Umgebungslicht, das in der Folge mit λ_1 bezeichnet wird, und das in der Regel das wahrnehmbare Tageslicht zwischen 400 und 700 nm sein wird, jedoch gegebenenfalls auch ein spezielles Scheinwerferlicht unter dem eine Vermessungsarbeit durchgeführt wird. Die Strahlung jedes dieser drei Sender S1, S2 bzw. S3 verläuft in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise wobei die Strahlen der Sender S1 und S2 beispielsweise über teildurchlässige Spiegelflächen 13 bzw. 14 in Richtung zum Spiegel 12 umgeleitet werden, die Strahlung des Senders S3 über eine voll verspiegelte Fläche 15. Natürlich wäre es an sich denkbar, die Spiegelflächen 13 bis 15 so zu gestalten und gegeneinander zu versetzen, dass jede dieser Spiegelflächen voll verspiegelt sein kann, ohne die koaxiale Wirkung zu verlieren, doch ist die dargestellte Anordnung für ein Zusammenfallen der Achsen der Sender S1 bis S3 vorteilhaft. Vorstellbar wären aber auch beispielsweise Lochspiegel oder Spiegel mit Winkelsegmenten.

[0024] Eine andere Möglichkeit könnte darin liegen, dass bei Ansteuerung der Sender S1 bis S3 in zeitlichen Abständen ein einziger, vollverspiegelter Reflektor mittels einer Verschiebeeinrichtung aus der Position des Spiegels 15 in die des Spiegels 14 bzw. des Spiegels 13 verschoben wird. Selbstverständlich sind auch Kombinationen denkbar, etwa indem nur ein voll reflektierender Spiegel zwischen den Positionen 14 und 15 hin- und herschiebbar ist, wogegen für den Sender S1 eine teilreflektierende Spiegelfläche 13 vorgesehen ist. Die letztere Kombination wird man insbesondere dann anwenden, wenn etwa zwar die Sender S2 und S3 in zeitlichen Abständen Strahlung emittieren, der Sender S1 aber gleichzeitig mit dem einen oder anderen oder beiden, insbesondere aber gleichzeitig mit dem Sender S2. Dies ist besonders zur automatischen Zielerfassung günstig, wie später noch erläutert wird.

[0025] In einem praktischen Beispiel kann etwa λ_2 , die Wellenlänge der automatischen Zielerfassung, im Infrarot- oder im sichtbaren Bereich liegen und zweckmässig ein vorbestimmtes Spektrum umfassen, λ_4 liegt in einem von λ_2 abweichenden Infrarotbereich und λ_3 liegt im sichtbaren Bereich des Lichtes, ist jedoch ein beugungsarmes Strahlenbündel. Natürlich wäre es auch möglich, lediglich einen einzigen Sender vorzusehen, und diesen durch Vorschalten entsprechender Filter bzw. Objektiven zur wechselweisen Abgabe von Strahlung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche und Divergenzen zu benutzen. Auch sind heute Laser mit

mehreren Wellenlängen bekannt, bei denen die Wellenlänge elektronisch verändert werden kann.

[0026] Mittels des Spiegels 12 wird der jeweilige Sendestrahl koaxial entlang der Achse A auf eine Fläche 16 eines Zielobjektes geworfen, von wo diese Strahlung entweder über einen an der Fläche 16 angebrachten Spiegel bzw. Reflektor, wie ein Retroprisma, eine Reflexfolie, ein Rückstrahler, Zieltafeln mit Erkennungsmerkmalen od.dgl., zum Objektiv 11 zurückgestrahlt wird oder von einem natürlichen Zielobjekt 16 ohne eine solche Zielkennzeichnung. Das bedeutet, dass reflektierte Strahlen 17 entlang der Achse A koaxial wieder in das Objektiv 11 eintreten.

[0027] Hinter dem Spiegel 12 sind Strahlengänge für mindestens drei Sensoreinrichtungen vorgesehen. Es handelt sich dabei um einen ein Strahlenbündel über ein Teilungsprisma 18 und dessen Spiegelfläche 18a Empfangssensor 19, der beispielsweise zusammen mit einer zweiteiligen Filterscheibe 20 Teil einer Distanzmesskombination 23 ist, und um einen positionsempfindlichen Flächensensor 21, wie ein PSD-, CCD-, CMOS-Chip oder ein sonstiges Photo-ASIC. Bevorzugt ist die Verwendung einer CCD- oder CMOS-Kameraeinheit. Vor dieser Kameraeinheit ist eine lediglich durch eine Linse 22 angedeutete Fokussiereinheit, um ein scharfes Bild des Zielobjektes 16 auf die Sensorfläche 21 der Kamera zu werfen. Wird ausschliesslich auf kooperative Ziele anvisiert bzw. gemessen, so genügt auch eine Fixfokusanordnung, und die Fokussiereinheit 22 kann weggelassen werden. Die Sensorfläche ist vorteilhaft, entweder durch entsprechende Auslegung der einzelnen lichtempfindlichen Elemente oder durch ein vorgeschaltetes optisches Bandpassfilter exklusiv für Strahlung der Wellenlänge λ_2 nur für die vom Sender S1 abgegebene Strahlung empfindlich. Das zusammen mit dem Objektiv erzeugte Gesichtsfeld bzw. die Divergenz sollte im Bereiche zwischen 0,3 und 3 Grad liegen.

[0028] Im Falle der Distanzmesskombination 23 soll diese zweierlei Zwecken dienen, nämlich einerseits zur Distanzmessung über mindestens einen Reflektor bzw. mindestens eine Zielmarke zu einem zu vermessenden Zielobjekt und andererseits zu einem natürlichen Zielobjekt ohne eine solche Zielkennzeichnung. Zu diesem Zweck muss die Distanzmesskombination 23, sofern man nicht für jede Art der Messung gesonderte Sensoreinrichtungen verwenden will, exklusiv für die Wellenbereiche λ_3 und λ_4 der Sender S2 und S3 empfindlich gemacht werden, welche letztere Sender den beiden oben genannten Arten der Distanzmessung zugeordnet sind. Dies kann durch das Filter 20 geschehen, welche in einem ersten Bereich 20a nur die Wellenlänge λ_3 durchlässt, wenn dieser Bereich 20a vor den Sensor 19 geschaltet wird, und welche in einem zweiten Bereich 20b nur die Wellenlänge λ_4 durchlässt, wenn dieser Bereich 20b vor den Sensor 19 geschaltet wird. Bei einer vereinfachten Ausführungsform wird das Filter 20 als Doppelbandpass mit den beiden Durchlassbereichen λ_3 und λ_4 realisiert. Eine weitere Vereinfachung wird durch

Aufbringen eines optischen Dünnschichtfilms mit Doppelbandpasscharakteristik auf die Fläche 18c erreicht.

[0029] Diese Wellenlängen λ_3 , λ_4 werden von den zweckmässig als Laser, z.B. Laserdiode, oder LED gebildeten Sendern S2 und S3 abgegeben. Dabei kann im Falle der Wellenlänge λ_4 der zugehörige Sender S3 ohne weiteres eine relativ grosse Strahlendivergenz aufweisen, da dieser Teil 19, 20b der Distanzmessung für reflexionsunterstützte Zielobjekte zugedacht ist. Typischerweise beträgt das Gesichtsfeld bzw. die Strahlendivergenz für diese Distanzmessung 0,1 Grad, wobei Sender und Empfänger mit Fixfokus arbeiten können. Der Empfängersensor 19 kann im Rahmen der Erfindung recht unterschiedlich ausgebildet werden, doch verwendet man bevorzugt eine Avalanche-Photodiode oder ein PIN-FET.

[0030] Für die reflektorlose Distanzmessung wird der selektiv nur für die Strahlung λ_3 des Senders S2 durchlässige Filterbereich 20a vor den Sensor 19 geschoben. Wie schon erwähnt, emittiert der Sender S2 einen beugungsbegrenzten, sichtbaren Wellenlängenbereich. Das wirksame Messfeld (die Messflecksgrösse) beträgt dann typischerweise nur 30 Bogensekunden bei der, in Kombination mit der Grösse der Sendelicht-Austrittsöffnung physikalisch kleinst möglichen Strahlungsdivergenz. Diese geringe Strahlendivergenz ermöglicht es, retroreflektierende oder auch mit Zielmarken versehene Ziele über eine Entfernung von mehreren Kilometern, z. B. 10 km, zu messen, wogegen die oben erwähnte andere Messart mittels des Senders S3 besser für näher gelegene Ziele eingesetzt wird. Sender S2 und Empfänger 19 können mit Fixfokus arbeiten. Wie schon aus dem oben Gesagten hervorgeht, können beide Betriebsarten oder Sensorkombinationen 20a, 19 und 20b, 19 mit ein und derselben Steuer- und Auswerteeinheit 24 verbunden sein (was bevorzugt ist), obwohl es auch möglich wäre, jeweils gesonderte Auswerteeinheiten vorzusehen und mit dem Umschalten des Filters 20 auch von einer Auswerteeinheit auf die andere umzuschalten.

[0031] An den Sensor 19 ist an die oben erwähnte erste (und beiden Arten der Distanzmessung gemeinsame) Auswerteeinheit 24 - das oben erwähnte, unter dem Deckel 9 untergebrachte Prozessorboard für die Distanzmessung - angeschlossen, welche auch die Sender S2 und S3 steuert, um aus der Laufzeit zwischen der Abgabe eines Sendeimpulses von einem der Sender S2 oder S3 bis zum Empfang durch den Sensor 19 die Distanz zum anvisierten Objekt 16 zu errechnen. Diese Steuer- und Auswerteeinheit 24 ist mit der ebenfalls an Hand der Fig. 1 erwähnten zentralen Prozessoreinheit 25 über einen Bus 26 oder eine andere Art von Schnittstelle verbunden, über den sie gegebenenfalls die Taktsignale eines im zentralen Prozessor 25 vorgesehenen Taktgenerators erhält. Dem Taktsignal kommt eine besondere Bedeutung zu, falls die Sensoren gleichzeitig (parallel) arbeiten, denn in diesem Falle sind die Messdaten von Distanz, Winkel und Motorenstel-

lung zu synchronisieren. Von der zentralen Prozesseinheit 25 werden auch die erwähnten, an sich bekannten, Motoreinheiten 30 des Theodoliten gesteuert, wobei eine Positions- bzw. Winkelmeldung von Winkelsensoren 29 des Theodoliten an die zentrale Prozesseinheit 25 abgegeben wird.

[0032] Für die automatische Zielerfassung (ATR) arbeiten der Sender S1 und der positionsempfindliche Flächensensor, vorzugsweise ein Bildsensor (CCD), 21 zusammen. Der Sender S1 emittiert eine Infrarot- oder sichtbare Strahlung λ_2 (z.B. etwa 800 nm Wellenlänge) und ist zweckmässig von einer Laserdioden oder einem LED gebildet. Das Gesichtsfeld wird typischerweise etwa 1,5 Grad betragen und liegt damit in einem vergleichbaren Bereich wie dasjenige des visuellen Fernrohrs 11 selbst. Es ist bevorzugt, wenn die Gesichtsfelder der automatischen Zielerfassung und des visuellen Fernrohrs gleich gross sind. Dies ist nicht zuletzt deshalb von Bedeutung, weil damit etwaige Abirrungen der automatischen Zielerfassung (21, 27) leicht überprüft und korrigiert werden können.

[0033] An den Flächensensor 21 ist dementsprechend eine Positions- oder, im speziellen Fall, eine Bildauswerteschaltung 27 angeschlossen. Die elektronische Steuer- und Auswerteeinheit 27 beinhaltet unter anderem die Funktionen zur Bildparametereinstellung, wie Verschlusszeitregelung, Zielbeleuchtungssteuerung für den Sender S1, Fragmentierung der Sensorfläche, aber auch zur Bilderfassung, Zielobjektidentifikation, Bildverarbeitung, Bildauswertung und/oder Winkelberechnung zum Zielobjekt. Die Bildauswerteschaltung (an sich bekannter Art) entspricht jenem Prozessorboard, das nach der Beschreibung der Fig. 1 unter dem Deckel 8 gelegen ist. Es handelt sich dabei vorteilhaft entweder um ein Mikroprozessorboard oder um ein Digitales Signalprozessorboard (DSP).

[0034] Während eines automatischen Messablaufs arbeiten die Einheiten 27 und 25 eng zusammen: Mit der Steuer- und Auswerteeinheit 27 wird zunächst eine Führungsgrösse zur Positionierung auf das jeweilige Ziel bzw. die Zielsuche erzeugt und von der zentralen Steuer- und Regelungseinheit 25 übernommen. Diese richtet den motorisierten Theodolit auf den Zielpunkt aus, und anschliessend wird die Zielerkennung und -analyse sowie die Zielpunktvermessung (Berechnung von Horizontal- und Vertikalwinkel) relativ zu einer Referenzachse durchgeführt, welche letztere vorteilhaft die Achse A sein kann. Der Sender S1 kann dabei entweder von der Auswerteeinheit 27 oder direkt vom zentralen Prozessor 25 gesteuert werden. Er kann beispielsweise auch über eine längere Zeitdauer eingeschaltet sein, während gleichzeitig die Sender S2 und S3 abwechselnd gepulstes oder moduliertes Licht abstrahlen.

[0035] Zielpunkte, welche mit einem Reflektor oder einem reflexionsunterstützten Zubehöriteil markiert sind, werden mittels der so realisierten automatischen Zielerfassung und dem Distanzmesser mit grossem Strahlungsbündel vermessen. Die Verwendung des Di-

stanzmessers mit grossem Messfeld empfiehlt sich vor allem aus zwei Gründen. Erstens braucht die automatische Zielerfassung S1, 21, 27 zusammen mit der davon gesteuerten motorisierten Positioniereinheit des Theodoliten so nicht genau auf das Zielobjekt ausgerichtet zu werden, und es kann dennoch der Zielpunkt vollständig und mit der geforderten Genauigkeit vermessen werden. Die Zielerfassung misst dabei den Restwinkel zwischen Zielrichtung A und Zielpunkt, so dass erheblich an Zeit gewonnen wird. Zweitens kann aber auch im Falle von bewegten Zielobjekten die Bahn des Zielpunktes ohne störende Signalunterbrüche automatisch aufgenommen bzw. vermessen werden, da wegen des grossen Gesichtsfeldes der beteiligten Sensoren das Zielobjekt selbst bei ruckweisen Bewegungen das Messfeld nicht ohne weiteres verlassen kann.

[0036] Die Ausführungsformen nach den Fig. 3 und 4 unterscheiden sich von der der Fig. 2 vor allem auch dadurch, dass sie eine visuelle Kontrolle über einen zusätzlich vorgesehenen Okularstrahlengang ermöglichen. Teile gleicher Funktion besitzen daher in diesen Figuren dieselben Bezugszeichen wie in Fig. 2. Teile nur ähnlicher Funktion besitzen dasselbe Bezugszeichen mit Zusatz einer Hunderterziffer.

[0037] Unterschiedlich ist in Fig. 3 dass das Fokussierglied 22 im Strahlengang eines Okulars 28 liegt, dem Strahlung einer mittleren Wellenlänge λ_1 , d.h. wie ersichtlich des aus der Umgebung auf das Zielobjekt 16 einfallenden Lichtes, zugeführt wird. Will man nicht nur im visuellen Fernrohrkanal 11, 118, 22, 28 ein scharfes Bild erzeugen, sondern auch auf dem Bildsensor 21, so kann es zweckmässig sein, das Fernrohrsystem 11 in an sich bekannter Weise mit einer Fokussiermöglichkeit auszurüsten. Denn der zum Flächensensor 21 (dessen zugehörige elektronische Schaltung hier nicht dargestellt ist und der der Fig. 2 entspricht) führende Strahlengang ist hier von der optischen Achse A weg mittels eines Strahlenteilerprismas 118, das mit seiner teilverspiegelten Fläche 18a Licht zum Sensor 21 umlenkt. Dieses Prisma 118 besitzt aber auch noch eine vordere teilverspiegelte Fläche 18b, die das einfallende Licht auf einen kleinen Spiegel 218 wirft, der es seinerseits zur Distanzmesskombination 23 umlenkt. Es sei erwähnt, dass die Spiegelflächen 18a bzw. 18b als besonders anspruchsvolle Dünnschichtfilme zwecks effizienter Trennung der Wellenlängen λ_1 und λ_2 einerseits und λ_3 bzw. λ_4 andererseits auszubilden sind. Die Oberfläche des Spiegels 218 stellt eine Multisegmentoptik insbesondere für die Distanzmessung im Nahbereich dar. Die Segmente ergeben unterschiedliche Brennweiten, wobei jedes Segment ein Teilintervall des Distanzbereiches abdeckt. Auf diese Weise wird der oben geschilderte Nachteil einer geringen Überlappung von Sende- und Empfangsbündel insbesondere bei einer kleinen Divergenz der Senderkeule behoben, und es wird eine tadellose Distanzmessung auch im Nahbereich ermöglicht. Massnahmen, um mangelnde Bildüberlappung im Nahbereich zu beheben, sind auch an anderer Stelle im

Strahlengang denkbar, jedoch nicht an den Komponenten 11 und 118, da diese das visuelle Bild im Strahlengang des Okulars 28 (sofern vorgesehen) negativ beeinflussen würden.

[0038] Während die optische Anordnung der Sender S1 bis S3 in Fig. 3 der der Fig. 2 entspricht, zeigt Fig. 4 wie einer der Spiegel 13-15 entfallen kann. Hier sind zwei teilreflektierende Spiegelflächen 113, 114 vorgesehen, die im Falle der Spiegelfläche 114 einerseits die Wellenlänge λ_2 hindurchlässt und die Wellenlänge λ_3 zum Spiegel 113 hin reflektiert, wogegen der Spiegel 113 die Wellenlänge λ_4 durchlässt und Licht der Wellenbereiche λ_2 bzw. λ_3 nach oben zum Spiegel 12 an der optischen Achse A hin reflektiert. Insofern kann sich so ein kompakterer Aufbau ergeben. Im Hinblick auf eine mögliche Selektivität der Reflexion können die Spiegelflächen 113 und/oder 114 (übrigens auch die Spiegelflächen 13 und 14 der vorigen Figuren) als dichroitische Spiegel ausgebildet werden. Man muss sich allerdings vor Augen halten, dass die Beschichtung für die Spiegel 13 bzw. 113 deshalb besonders anspruchsvoll ist, weil hier ja alle drei Wellenlängen λ_2 , λ_3 bzw. λ_4 zusammengeführt werden. Auch ist es im Rahmen der Erfindung durchaus möglich, ähnlich der Distanzmesskombination 23 an der Empfängerseite, einen gemeinsamen Sender für mindestens zwei Wellenlängen vorzusehen und eine Umschaltung von einer Wellenlänge auf die andere etwa mittels einer optischen Filterscheibe oder durch elektrisches Umschalten an einem dafür vorgesehenen Laser umschaltbarer Wellenlänge durchzuführen, beispielsweise durch Verstimmen der wirksamen Gitterperiode eines DBR-Lasers (Bragg-Lasers) oder durch Ein- und Ausschalten eines Frequenzverdopplers.

[0039] An der Empfängerseite ist ebenfalls ein Unterschied zum Aufbau nach Fig. 3 festzustellen. Hier liegt das Okular an der Ausgangsseite des Teilungsprismas 118 und erhält Licht von der teilreflektierenden Fläche 118a, wogegen der Flächensensor 21 an der optischen Achse A hinter dem Teilungsprisma 118 liegt. Um aber für das Okular 28 ein scharfes Bild zu erhalten, ist die Fokussierlinse 22 vor das Teilungsprisma gestellt, was den Vorteil ergibt, dass diese Fokussierung sowohl für das Okular als auch für den Bildsensor 21 wirksam ist. Wenn man aber nicht ein weiteres Teilungsprisma zum Ausspiegeln des Distanzmessstrahlenganges zur Distanzmesskombination 23 einsetzen möchte, sondern wegen ihres kompakten Aufbaues die Art der Strahlenskopplung wählen möchte, wie sie in Fig. 3 durch die teilverspiegelte Fläche 118b erreicht wird, so kann eine teilverspiegelte Platte 118b eingesetzt werden, die denselben Dienst tut. Daraus ist ersichtlich, dass insgesamt der Aufbau nach Fig. 4 zu bevorzugen ist, da sie auf einfache Art eine fokussierbare automatische Zielerfassung ermöglicht.

[0040] Fig. 5 unterscheidet sich von den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen, wie besonders der Fig. 3, dadurch, dass für die Wellenlängen λ_3 und λ_4 jeweils gesonderte Sensoreinheiten 23 vorgesehen

sind, so dass ein umschaltbares Filter jedenfalls entfallen kann. Die Sensoreinheiten 23 sind dann entweder bereits durch entsprechende Auswahl auf den jeweiligen Wellenlängenbereich ausgerichtet oder es ist ihnen jeweils ein der gewünschten Wellenlänge entsprechendes optische Filter vorgeschaltet. Denkbar wäre natürlich auch, dass die von Achse A weg zu den Einheiten 23 ausspiegelnden Flächen entsprechend wellenselektiv sind.

[0041] Für die hohe geforderte Punktmessgenauigkeit von 1 bis 3 mm ist es von Vorteil, dass alle Sensoren eine gemeinsame Zielachse A besitzen, welche letztere auch eine ausgezeichnete Referenzachse sowohl für alle Distanz- und Winkelsensoren im Fernrohr als auch für die Winkelsensoren im Theodolit bildet. Eine gemeinsame Zielachse A vereinfacht das Eichmodell und den Einfluss nicht oder nur umständlich messbarer Parameter, wie Neigung des Bildobjekts zur Zielachse A. Beispielsweise ist eine Anordnung mit gemeinsamer Zielachse parallaxfrei, d.h. die Rohmesswerte für die Winkel sind distanzunabhängig. Ferner ist der Einfluss der Zielobjektneigung zur Visierlinie A auf Winkel- und Distanzmessung gering.

Patentansprüche

1. Tachymeter-Fernrohr zur optischen Distanzmessung in der geodätischen, industriellen und bautechnischen Vermessung mit
 - einem optischen Fernrohrobjektiv (11);
 - einem motorisierten Theodolit als Fernrohrstütze;
 - einer elektronischen Einheit zum Steuern und Regeln der motorisierten Theodolitachsen;
 - einer Distanzmesskombination (23) zur Distanzmessung über mindestens einen Reflektor bzw. mindestens eine Zielmarke zu einem zu vermessenden Zielobjekt (16) einerseits und zu einem natürlichen Zielobjekt (16) ohne eine solche Zielkennzeichnung andererseits mit Hilfe jeweils einer ersten (19, 20a) und zweiten Sensoreinrichtung (19, 20b) für wenigstens ein von einer Sendeeinrichtung (S1 bzw. S2, bzw. S3) ausgesandtes Strahlungsbündel; sowie
 - mit einer an die Distanzmesskombination (23) angeschlossenen Auswerteeinheit (24) zum Empfang eines Signals, das dem jeweiligen am Zielobjekt reflektierten Strahlungsbündel entspricht, und zur Ermittlung der Distanz aus Laufzeit und/oder Phasenlage zum gesendeten Signal;

dadurch gekennzeichnet, dass

zusätzlich wenigstens eine dritte optoelektronische Sensoreinrichtung (S1, 21, 27) zur automatischen Zielerfassung mit einer Verarbeitungseinheit für

- Flächensensoren (27) mit Winkelbestimmung als weitere Auswerteeinheit vorgesehen ist, dass die Zielachsen aller dieser Sensoreinrichtungen (29, 20, 23, 21) zusammenfallen und eine gemeinsame wirksame Achse (A) bilden, und dass die Sende- und die Empfangsbündel zu den Sensoreinrichtungen (29, 20, 23, 21) der Bildverarbeitungseinheit (27) und der Distanzmesskombination (23) koaxiale Wirkung haben.
2. Tachymeter-Fernrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ausser einem jeweiligen optischen Sende- und Empfangskanal zusätzlich einen visuellen Kanal, insbesondere zu einem Okular (28), aufweist.
 3. Tachymeter-Fernrohr nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Strahlengang von einem dichroitischen Teiler (13-15; 18a; 218) umgeleitet ist.
 4. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der Sensoreinrichtungen (29, 20, 23, 21) und/oder der Sender (S1-S3) über die jeweilige Auswerteeinheit (24, 25, 27) seriell ansteuerbar ist.
 5. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der Sensoreinrichtungen (10, 20, 23, 21) und/oder der Sender (S1-S3) über die jeweilige Auswerteeinheit (24, 25, 27) parallel bzw. gleichzeitig ansteuerbar und aktiv ist.
 6. Tachymeter-Fernrohr nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (S1) bzw. Sensor (21) für die Bild- oder Positionsauswertung gleichzeitig mit dem Sender (S2) bzw. Sensor (19, 20a) für die Distanzmessung über mindestens einen Reflektor bzw. mindestens eine Zielmarke zu einem zu vermessenden Zielobjekt (16) ansteuerbar ist.
 7. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es ein an einem Theodolitengehäuse (2) angeordnetes Fernrohrgehäuse (3) aufweist, und dass wenigstens eine der Auswerteeinheiten (24, 25, 27) in letzterem (3) untergebracht ist.
 8. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es ein an einem Theodolitengehäuse (2) angeordnetes Fernrohrgehäuse (3) aufweist, und dass wenigstens eine der Auswerteeinheiten (24, 25, 27) in ersterem (2) untergebracht ist.
 9. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Distanzmesskombination (23) und/oder eine Sendeeinrichtung (S1 bzw. S2 bzw. S3) mit einer Umschalteneinrichtung (20a, 20b) von einer Betriebsart, wie Distanzmessung über mindestens einen Reflektor, auf eine andere Betriebsart, wie Distanzmessung zu einem natürlichen Zielobjekt (16), versehen ist.
 10. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Distanzmesskombination (23) eine Multisegmentoptik (18b, 18c, 218; 118b) mit Zonen unterschiedlicher Brennweiten zugeordnet ist.
 11. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens die an die Distanzmesskombination (23) angeschlossene Auswerteeinheit (24) einen gesonderten Auswerteprozessor aufweist.
 12. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei der Sensoreinrichtungen (19, 20, 23, 21) senderseitig jeweils eine gesonderte Strahlungsquelle (S1-S3) zugeordnet ist.
 13. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Strahlungsquelle (S2) zur Erzeugung einer Zielpunktmarkierung vorgesehen ist.
 14. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei der Sensoreinrichtungen senderseitig eine Strahlungsquelle gemeinsam ist.
 15. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Distanzmesskombination (23) für die Distanzmessung zu einem natürlichen Zielobjekt einen Sender (S2) zur Erzeugung eines beugungsbegrenzten dünnen, insbesondere kollimierten, Strahlenbündels, vorzugsweise im sichtbaren Bereich des Lichtes, aufweist.
 16. Tachymeter-Fernrohr nach den Ansprüchen 13, 14 und 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle (S2) zur Erzeugung einer Zielpunktmarkierung von dem Sender (S2) zur Erzeugung des beugungsbegrenzten dünnen Strahlenbündels gebildet ist.
 17. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Strahlungsquellen aussendende Sendeeinrichtungen (S1-S3) vorgesehen sind, von welchen Strahlungsquellen ein jedes in einem an-

deren Spektralbereich bzw. Wellenlänge (λ_2 - λ_4) liegt.

18. Tachymeter-Fernrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Sendeeinrichtung (S1-S3) ein vom Umgebungslicht (λ_1) bzw. von natürlichem, für das Auge sichtbare Tageslicht unterschiedliches Spektrum bzw. eine unterschiedliche Wellenlänge (λ_2 - λ_4) abstrahlt.

5

10

15

20

25

30

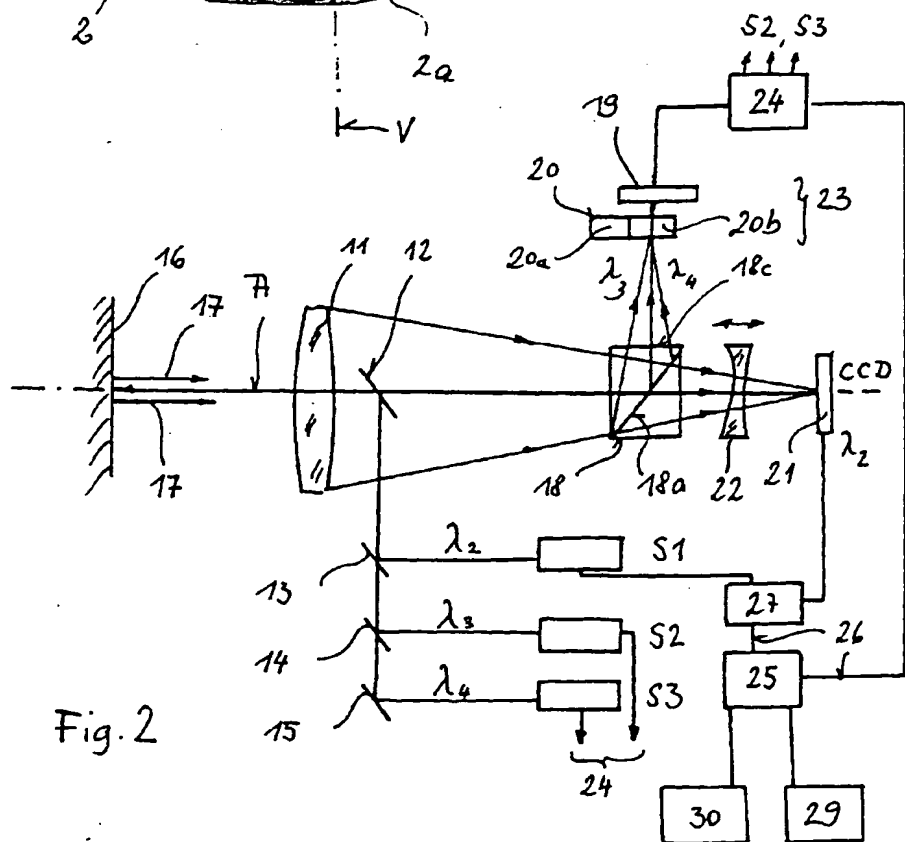
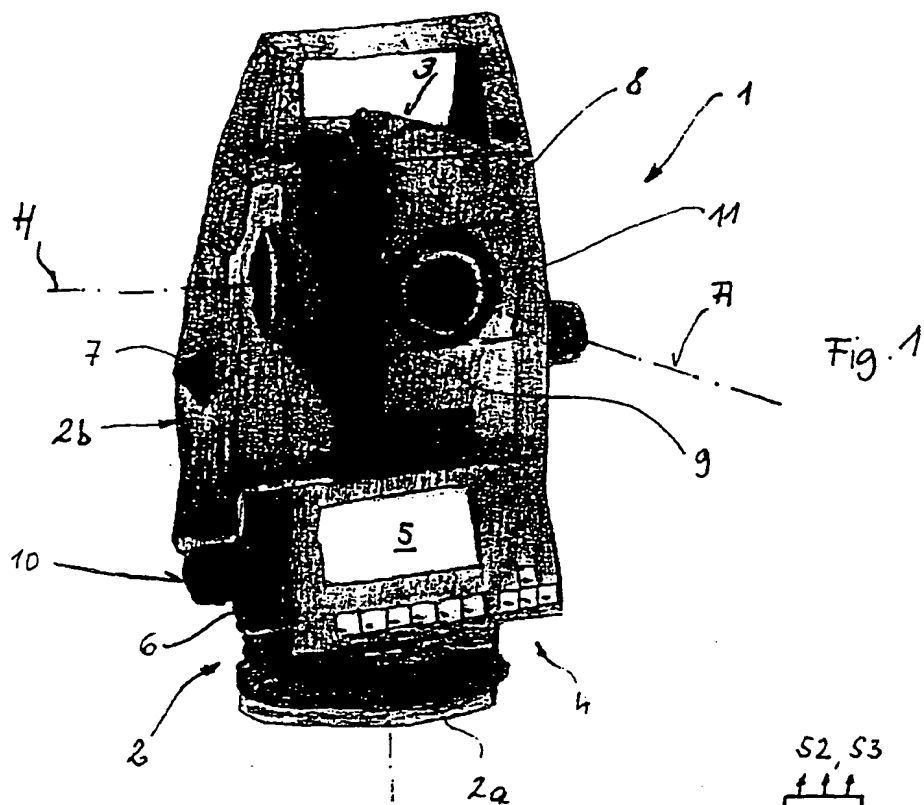
35

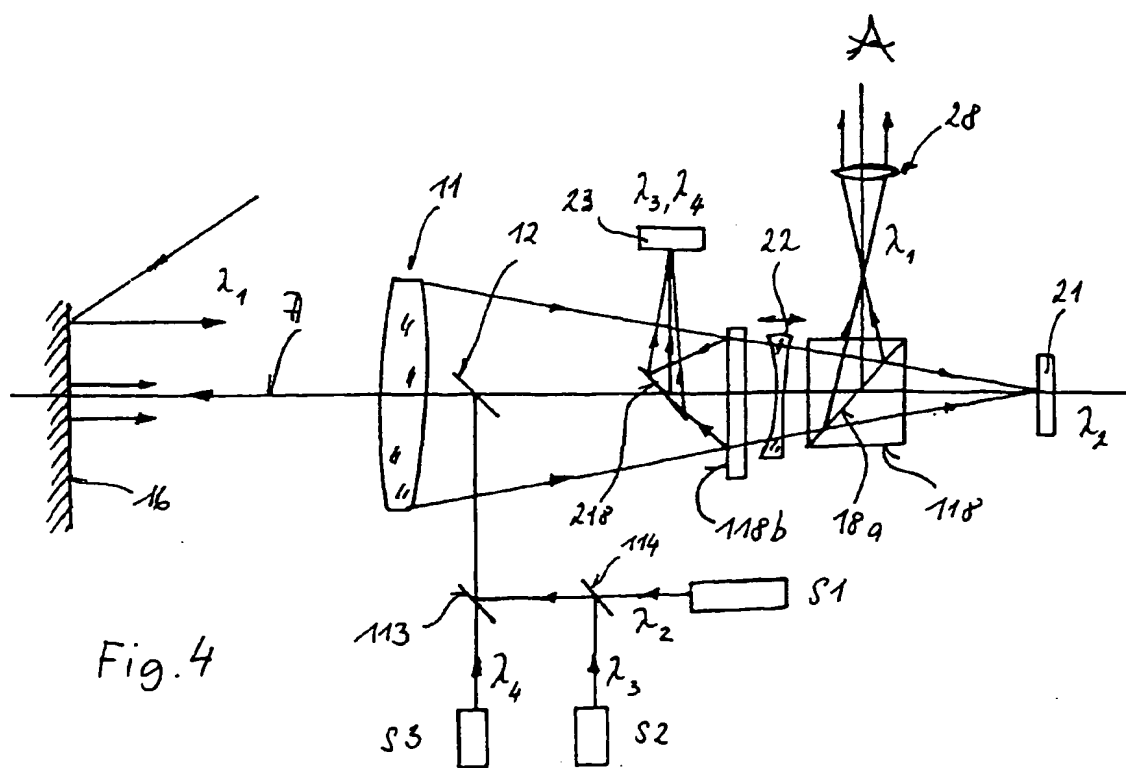
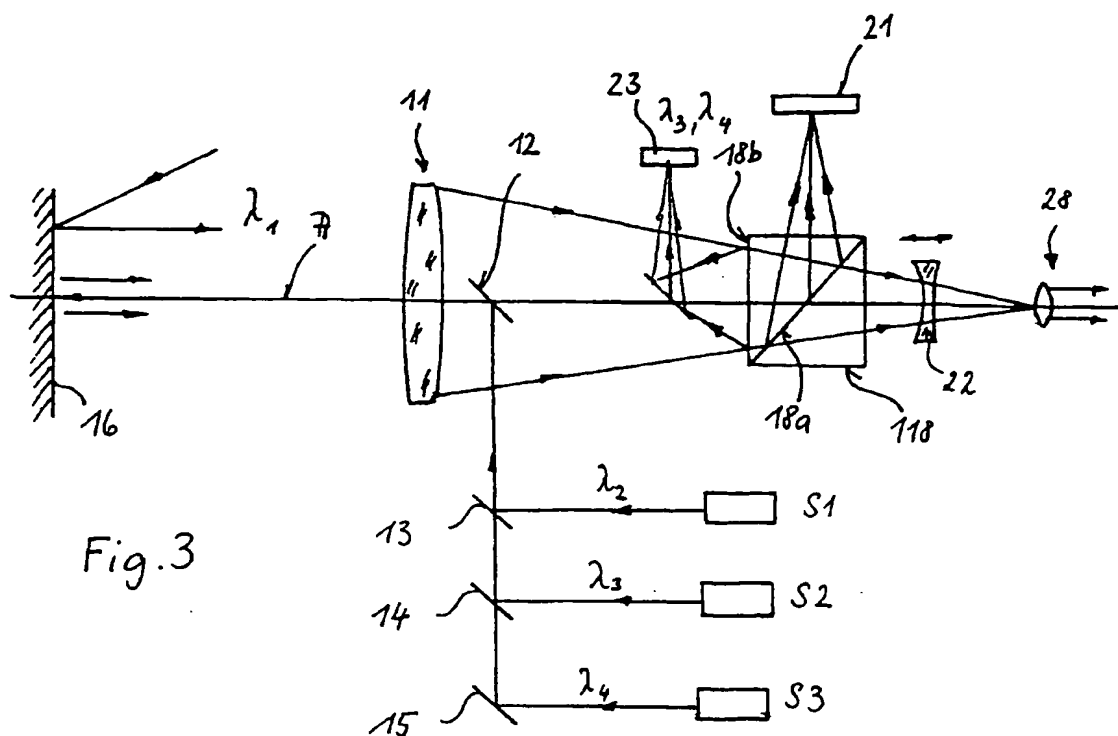
40

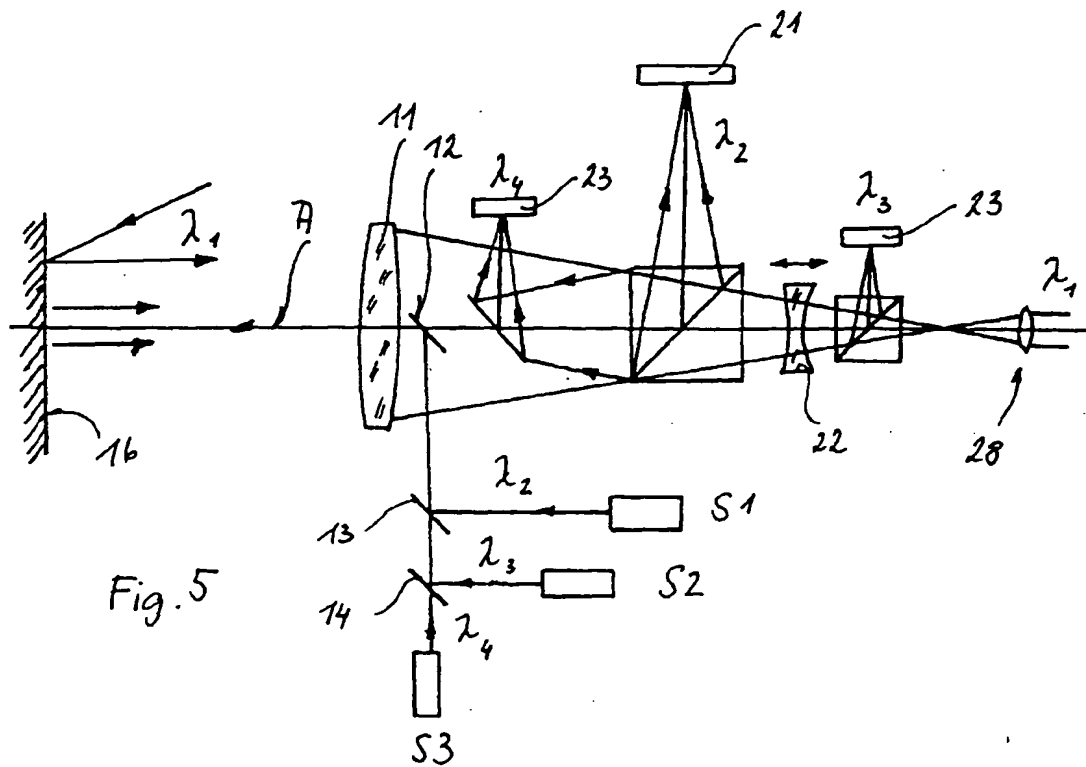
45

50

55









Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 11 7112

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|---|---|---|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| A | DE 39 36 966 A (JENOPTIK JENA GMBH) 9. August 1990 (1990-08-09) * Spalte 4, Zeile 40 - Spalte 5, Zeile 12; Abbildungen * | 1 | 601C1/02 |
| A | DE 27 50 933 A (HEWLETT PACKARD CO) 24. Mai 1978 (1978-05-24) * Zusammenfassung * | 1 | |
| A | DE 33 19 610 A (JENOPTIK JENA GMBH) 5. Januar 1984 (1984-01-05) * Zusammenfassung * | 1 | |
| D, A | WO 90 12284 A (GEOTRONICS AB) 18. Oktober 1990 (1990-10-18) * das ganze Dokument * | 1 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) |
| | | | 601C 601S |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort DEN HAAG | | Abschlußdatum der Recherche 1. Februar 2000 | Prüfer Hoekstra, F |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> | | | |

EPO FORM 1603 03.82 (P4/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 11 7112

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Daten des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-02-2000

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 3936966 A | 09-08-1990 | DD 289906 A | 16-05-1991 |
| | | CH 680951 A | 15-12-1992 |
| DE 2750933 A | 24-05-1978 | US 4108539 A | 22-08-1978 |
| | | AU 3072777 A | 24-05-1979 |
| | | CA 1102595 A | 09-06-1981 |
| | | JP 1400989 C | 28-09-1987 |
| | | JP 53064055 A | 08-06-1978 |
| | | JP 62009842 B | 03-03-1987 |
| | | US 4346989 A | 31-08-1982 |
| | | US 4335306 A | 15-06-1982 |
| DE 3319610 A | 05-01-1984 | DD 209262 A | 25-04-1984 |
| | | JP 59020809 A | 02-02-1984 |
| | | SE 8303791 A | 02-01-1984 |
| WO 9012284 A | 18-10-1990 | SE 500856 C | 19-09-1994 |
| | | AT 98370 T | 15-12-1993 |
| | | DE 69005105 D | 20-01-1994 |
| | | DE 69005105 T | 09-06-1994 |
| | | EP 0465584 A | 15-01-1992 |
| | | JP 4504468 T | 06-08-1992 |
| | | SE 8901221 A | 07-10-1990 |
| | | US 5313409 A | 17-05-1994 |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.